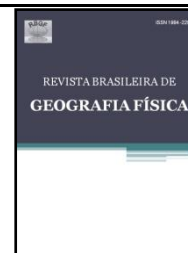




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Evolução da mancha preta do amendoim nas principais regiões produtoras da Argentina e do Brasil frente às mudanças no clima

Eduardo Matias Bisonard¹, Emília Hamada², Francislene Angelotti³, Renata Ribeiro do Valle Gonçalves⁴, Alejandro Mario Rago¹

¹Pesquisador do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. bisonard.matias@inta.gob.ar, rago.alejandro@inta.gob.ar, ²Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente. emilia.hamada@embrapa.br, ³Pesquisadora da Embrapa Semiárido, francislene.angelotti@embrapa.br (Autor correspondente), ⁴Pesquisadora do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura da Universidade Estadual de Campinas. renata@cpa.unicamp.br.

Artigo recebido em 16/04/2020 e aceito em 11/06/2020

RESUMO

A ocorrência da mancha preta do amendoim está diretamente relacionada aos elementos climáticos. Desta maneira, mapas de distribuição geográfica e temporal baseados em dados do clima contribuem com informações sobre o comportamento de patossistemas frente às mudanças climáticas. O objetivo deste estudo foi avaliar a evolução da favorabilidade climática à ocorrência da mancha preta para as principais regiões produtoras de amendoim da Argentina e do Brasil em função das mudanças climáticas. Na elaboração dos mapas foram considerados os meses de janeiro a março e empregada a metodologia de análise integrada das projeções climáticas e do problema fitossanitário com suporte do geoprocessamento. Foram considerados o clima normal (1961-1990) e o clima futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100). Tendo em conta as particularidades da doença nas áreas produtoras de cada país, diferentes regras em critérios de lógica matemática de SIG foram aplicadas para a Argentina e o Brasil, pois elas incorporam efeitos diversos da interação das características próprias do patógeno virulento, hospedeiro suscetível e características ambientais. Os cenários climáticos futuros apontam para o aumento da favorabilidade para a ocorrência da mancha preta do amendoim para as principais regiões produtoras da Argentina e do Brasil.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., *Cercosporidium personatum*, doença de planta, geoprocessamento.

Evolution of peanut black spot in the main producing areas of Argentina and Brazil under climate change

ABSTRACT

The occurrence of peanut black spot is directly related to climatic elements. Thus, maps of geographic and temporal distribution based on climatic data contribute to information on the behavior of pathosystems in the face of climate change. The objective of this study was to evaluate the evolution of climate favorability to the occurrence of black spot for the main peanut producing regions of Argentina and Brazil due to climate change. The months from January to March were considered to the production of the maps and the methodology of integrated analysis of the climate projections and the phytosanitary problem supported by the geoprocessing was used. Normal climate (1961-1990) and future climate (2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100) were considered. Taking into account the particularities of the disease in the producing areas of each country, different rules in criteria of mathematical logic of GIS were adopted for Argentina and Brazil as they incorporate the effect of the interaction of the virulent pathogen, susceptible host and environmental characteristics. Future climate scenarios point to an increase in the favorability of peanut black spot occurrence in the main producing areas of Argentina and Brazil.

Keywords: *Arachis hypogaea* L., *Cercosporidium personatum*, plant disease, geoprocessing.

Introdução

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma planta nativa da América do Sul e apresenta grande importância econômica para a Argentina e o Brasil (Agüero, 2017; Santos et al., 2013).

Nestes dois países destaca-se a produção regional do grão, principalmente na província de Córdoba e no estado de São Paulo, respectivamente (CAM, 2019, CONAB, 2019). A Argentina é o maior

produtor de amendoim da América Latina, ocupando o ranking de 7º maior do mundo (1.031.082 t). E o Brasil encontra-se como o segundo maior da América Latina e o 11º produtor mundial (546.925 t) (FAOSTAT, 2019).

Para estes dois países produtores, a ocorrência de condições climáticas favoráveis, com umidade relativa igual ou superior a 90% e temperatura média acima de 20°C, apresenta-se como uma ameaça à produção devido à ocorrência de doenças, principalmente a mancha castanha e a mancha preta. Estas doenças são causadas pelos fungos *Cercospora arachidicola* Hori e *Cercosporidium personatum* (Berk & Curt) Deighton, respectivamente. Anualmente, observa-se a ocorrência destas doenças na Argentina e no Brasil e a magnitude da severidade depende estreitamente das condições ambientais nas duas regiões produtoras (Barreto, 2016; March et al., 1993). Na Argentina, até o início da década de 1980, predominou a mancha castanha. No entanto, a partir do ano 2000, o fungo *C. personatum* espalhou-se e tem prevalecido em todas as províncias produtoras de amendoim, tornando a mancha preta a doença de maior importância econômica (Oddino et al., 2018). No Brasil, também há a predominância da mancha preta, destacando a maior agressividade deste patógeno nos cultivos do estado de São Paulo (Moraes e Godoy, 1997).

A mancha preta requer períodos prolongados de molhamento foliar ou vários períodos curtos, ou seja, é favorecida por longos períodos de alta umidade relativa do ar. Para a região de Córdoba, as condições favoráveis para o desenvolvimento de epidemias coincidem com pelo menos 10 horas de molhamento foliar e temperatura mínima entorno de 16°C (March et al., 1993; Marinelli et al., 2017). E para o Brasil, a umidade relativa igual ou superior a 90%, mantida por um período de 8 a 10 horas, e temperaturas médias entre 25°C e 30°C, são condições satisfatórias para a produção e aumento de infecção desta cercosporiose (Pedro Jr. et al., 1994).

Os sintomas característicos da mancha preta são lesões escuras bem definidas e halo amarelado na face superior. Estas lesões podem ser observadas principalmente nos folíolos, mas também ocorrem nos pecíolos, colmos e pedúnculos. Na etapa inicial as manchas são pequenas e de cor marrom, mas com a evolução da doença a mancha pode atingir de 2 a 7 mm de diâmetro (Marinelli et al., 2017). A doença provoca a redução da área foliar e a queda prematura das folhas. As perdas de até 50% no rendimento do amendoim podem ocorrer devido à

desfolha precoce (Ferreira, 2014; Coutinho e Suassuna, 2014).

O clima está ligado diretamente à infecção de patógenos foliares e pode contribuir para aumentar ou diminuir a intensidade e distribuição geográfica das doenças, afetando negativamente a segurança alimentar (IPCC, 2019). Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), o aumento da concentração dos gases do efeito estufa tem alterado o clima do planeta. Assim, alterações dos elementos climáticos poderão causar um efeito direto no ciclo de desenvolvimento de patógenos de plantas, bem como na distribuição geográfica e temporal das doenças (Garret et al., 2016; Das et al., 2016; Nazir et al., 2018; Pathak et al., 2018).

Desta maneira, mapas de distribuição geográfica e temporal têm contribuído na geração de informações que expliquem o comportamento de diferentes patossistemas frente às mudanças climáticas (Hamada et al., 2015; Angelotti et al., 2017; Dyderski et al., 2018; Moragrega et al., 2018; Wang et al., 2018). As informações geradas subsidiam as medidas de adaptação necessárias para adoção de estratégias adequadas no manejo dos cultivos, a fim de reduzir os danos na produção (Juroszek e Tiedemann, 2015).

Para a mancha preta do amendoim, uma doença de importância econômica tanto para a Argentina quanto para o Brasil, existem poucos estudos sobre os possíveis impactos das mudanças climáticas neste patossistema. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução da favorabilidade climática à ocorrência da mancha preta para as principais regiões produtoras de amendoim da Argentina e do Brasil em função das mudanças climáticas.

Material e métodos

As principais áreas produtoras de amendoim da Argentina e do Brasil estão localizadas, respectivamente, na província de Córdoba, com 91% da produção nacional, representando 825 mil t (BCCBA, 2018), e no estado de São Paulo, com 90%, participando com 422 mil t (CONAB, 2019), nas safras 2016/17.

Na Argentina, a área de estudo em Córdoba foi compreendida pelos departamentos de General Roca, Juárez Celman, Tercero Arriba, Río Cuarto e Roque Saenz Peña (Figura 1). No Brasil, a área de estudo em São Paulo foi abrangida pelas mesorregiões de Araraquara, Assis, Bauru, Marília, Presidente Prudente, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto (Figura 2). As regiões selecionadas foram as que tiveram mais de 5% da área produtora nas safras de 2016/17 (BCCBA, 2018; IBGE, 2018).



Figura 1. Localização das principais áreas produtoras (departamentos) de amendoim da província de Córdoba – Argentina.

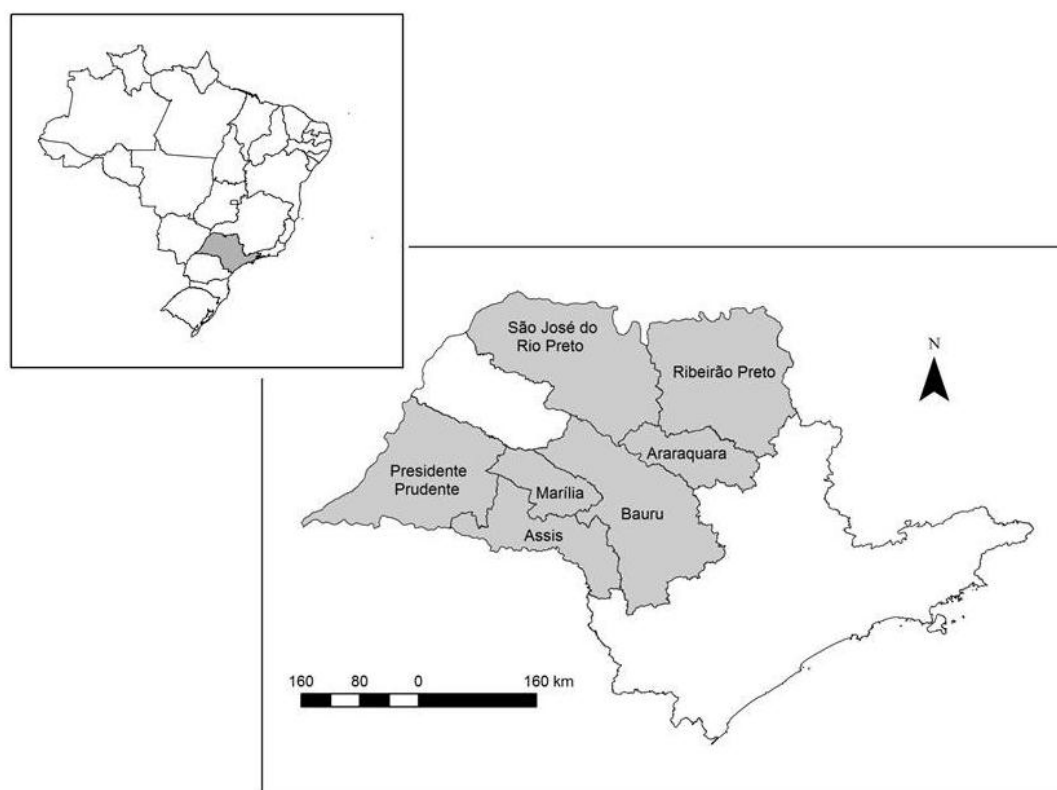


Figura 2. Localização das principais áreas produtoras (mesorregiões) de amendoim no estado de São Paulo – Brasil.

Foram considerados os meses de janeiro a março, quando o cultivo se encontra mais susceptível à infestação pela mancha preta (Figura 3), pois 70 dias após o plantio ocorrem os maiores prejuízos ocasionados pela doença, na fase de enchimento dos grãos (Barreto, 2016), em ambos os países.

Foi empregado o SIG (Sistema de Informações Geográficas) Idrisi para a produção dos mapas, construindo-se bancos de dados geográficos do clima para cada país. As seguintes variáveis climáticas foram consideradas: médias mensais de temperatura média do ar, temperatura mínima do ar, precipitação pluvial e umidade relativa do ar. Os períodos consideraram como clima de referência a normal climatológica (1961-1990) do Climate Research Unit (2015) e o clima futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), das projeções dos modelos climáticos globais disponibilizados pelo Data Distribution Centre do IPCC (2015).

A temperatura média do ar e a precipitação pluvial são médias aritméticas das projeções de 15 modelos climáticos globais; a umidade relativa do ar considera sete modelos e a temperatura mínima três modelos, conforme Hamada et al. (2017).

Além disso, dois cenários de emissão de gases de efeito estufa foram adotados, A2 e B1. Esses cenários são chamados respectivamente de

“pessimista” e “otimista” e foram escolhidos devido ao fato de eles serem os cenários extremos, assim com esta avaliação dos possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a ocorrência da doença da planta seria possível desenvolver estratégias de adaptação com uma margem mais alta de segurança.

As regras de favorabilidade à ocorrência da mancha preta do amendoim para aplicação em critérios de lógica matemática no SIG considerou o clima normal (1961-1990) e foram escolhidas pelos especialistas, baseados em sua experiência e na revisão de literatura. Com base nas regras validadas e definidas para o clima normal, mapas do clima futuro foram elaborados.

Em função das particularidades da doença nas áreas produtoras de cada país, diferentes regras foram escolhidas para a Argentina e o Brasil, incorporando efeitos diversos da interação das características próprias do patógeno virulento, hospedeiro suscetível e características ambientais. Desta forma, para a Argentina foram escolhidas as variáveis médias mensais da temperatura média do ar e da precipitação pluvial e, para o Brasil, da temperatura mínima do ar e da umidade relativa. Em ambos, considerando quatro classes de favorabilidade à ocorrência da doença: muito favorável, favorável, pouco favorável e desfavorável.



Figura 3. Danos (A) e sintomas (B) da mancha preta do amendoim, causada pelo fungo *Cercosporidium personatum*.

Para a Argentina, as condições climáticas desfavoráveis para a ocorrência de mancha preta se apresentam com precipitação média mensal inferior a 3 mm dia⁻¹ e temperatura média inferior a 18°C ou acima de 28°C; ou para qualquer condição pluviométrica desde que com temperatura média inferior a 16°C. As condições pouco favoráveis ocorrem com precipitação menor que 3 mm dia⁻¹, mas temperatura entre 18°C e 20°C; ou com precipitação acima de 3 mm dia⁻¹ e temperatura entre 16°C e 18°C ou superior a 28°C. A classe favorável ocorre com precipitação inferior a 3 mm dia⁻¹ e temperatura entre 20°C e 28°C; ou com precipitação superior a 3 mm dia⁻¹ e temperatura entre 18°C e 20°C; e a muito favorável com precipitação acima de 3 mm dia⁻¹ e temperatura entre 20°C e 28°C.

Para o Brasil, as condições desfavoráveis ocorrem para umidade relativa média mensal inferior a 60%, independente da temperatura mínima; ou com umidade relativa inferior a 80%, desde que a temperatura mínima seja inferior a 20°C. As pouco favoráveis ocorrem com umidade relativa entre 60% e 70% e temperatura mínima entre 20°C e 23°C; ou umidade acima de 80% e temperatura mínima abaixo de 20°C. A classe favorável ocorre quando as umidades relativas estão entre 60% e 70%, mas as temperaturas mínimas acima de 23°C; ou com umidades relativas entre 70% a 80%, mas temperaturas mínimas entre 20°C e 23°C. A classe muito favorável ocorre para umidades acima de 70% e temperaturas mínimas acima de 23°C; ou com temperaturas mínimas entre 20°C e 23°C, mas umidades acima de 80%.

Resultados e discussão

Os mapas de distribuição geográfica e temporal da mancha preta do amendoim para os principais departamentos produtores da província de Córdoba na Argentina (Figuras 4 e 5) e para as principais mesorregiões produtoras do estado de São Paulo no Brasil (Figuras 6 e 7) apresentam diferenças na ordenação das classes de favorabilidade ao longo dos meses de janeiro, fevereiro e março, nos cenários A2 e B1 do clima futuro projetado (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), com relação ao clima normal (1961-1990).

No clima de referência, os principais departamentos produtores de amendoim da Argentina (Rio Cuarto, General Roca, Pres. Roque Saenz Peña, Juárez Celman e Tercero Arriba) já apresentam alta favorabilidade para a ocorrência da mancha preta, com 98,4% da área entre favorável e muito favorável, na média dos meses de janeiro a março (Figura 8). No entanto, para o Brasil, no estado de São Paulo, as

mesorregiões de Ribeirão Preto, Araraquara Bauru, Assis e Marília apresentam mais da metade de área desfavorável para ocorrência do fungo *C. personatum*, ocupando 60,9%, seguido de 34,8% de área favorável na média dos meses considerados (Figura 9). Estas diferenças podem ser explicadas pela interação planta-patógeno-ambiente, relacionadas com a adaptabilidade dos patógenos aos diferentes locais de produção, e pela diversidade genética das variedades de amendoim plantadas nos dois países. A diversidade genética de isolados de fungos estudados em diferentes patossistemas mostra que os patógenos de plantas apresentam variações entre isolados de áreas geográficas diferentes (Stewart et al., 2017; Peripolli et al., 2018). A complexidade da interação planta-patógeno-ambiente é um desafio para a pesquisa científica frente às mudanças no clima (Garret et al. 2016).

Para as principais regiões produtoras de amendoim da província de Córdoba, mesmo partindo do panorama de referência de alta favorabilidade, os cenários futuros ainda indicam, em geral, aumento na favorabilidade climática para os meses de janeiro a março, ao longo dos períodos (Figura 8). Essa tendência, no entanto, é ligeiramente alterada no último período, de 2071-2100, para o cenário A2, com pequena redução na favorabilidade no mês de janeiro, quando 10% da área total se tornarão desfavoráveis para a ocorrência da doença (Figura 8) e esta será limitada, predominantemente, ao departamento de General Roca, ao sul da área de estudo considerada (Figura 4). Esta redução na favorabilidade é prevista ocorrer nessa região, pois é onde o aumento da temperatura média ultrapassará o limiar superior de tolerância para a ocorrência do patógeno. Considerando as classes favorável e muito favorável, elas serão predominantes com mais de 95% da área ocupada nos meses de janeiro a março, em todos os períodos e cenários (Figura 8). Mesmo assim, para janeiro, as áreas favorável e muito favorável que no período de referência ocupavam 19% e 81% passarão para 5% e 86%, em 2071-2100, cenário A2, respectivamente, condição ainda de alta favorabilidade à ocorrência da doença. Para o cenário B1 (Figura 5), a tendência é na média dos meses de pequena atenuação do aumento de favorabilidade comparado ao cenário A2 nos períodos futuros (Figura 8).

Nas principais regiões produtoras de amendoim do estado de São Paulo, a partir do panorama de referência com baixa a moderada favorabilidade, os cenários futuros indicam aumento crescente da favorabilidade em todas as mesorregiões produtoras de amendoim, ao longo

dos períodos e em todos os meses analisados (Figura 9), chegando, na média dos meses, com quase a totalidade da área, de 94,4% e 97,2% de classes favorável e muito favorável, em 2071-2100, nos cenários B1 e A2, respectivamente. Dentre os meses considerados, o destaque ocorre em março, quando no período de referência 85% da área é desfavorável e não mais ocorrerá essa classe em 2071-2100, cenário A2 (Figura 9). A tendência de maior favorabilidade à mancha preta do amendoim no futuro se orientará com maior destaque para a região noroeste do estado de São Paulo no cenário A2, comparado ao cenário B1 (Figuras 6 e 7), por este apresentar projeções de temperaturas mínimas mais amenas que o primeiro cenário. De fato, no cenário A2, na média dos meses, a classe favorável passará de 34,8% no clima de referência, aumentando gradativamente para 76,0% em 2011-2040 e 93,0% em 2041-2070 (Figura 9). A seguir, em 2071-2100, a classe favorável diminuirá,

abrangerá 61,6%, pois parte dessa área se converterá em muito favorável, que será de 35,6%, totalizando 97,2%. No cenário B1, por sua vez, a classe favorável aumentará com 67,5% em 2011-2040, 77% em 2041-2070 e 92,9% em 2071-2100.

Diante deste contexto, verifica-se o aumento da importância econômica da mancha preta do amendoim, tanto para as regiões produtoras da Argentina, quanto do Brasil. O relatório especial do IPCC (2019) reforça que a distribuição geográfica e temporal de doenças de plantas é uma problemática que afetará a segurança alimentar. Assim, diversos estudos têm utilizado os cenários climáticos futuros para entender como as alterações na temperatura e na precipitação poderão causar impacto nas epidemias das doenças de plantas (Alberto et al., 2019; Alfonsi et al., 2019; Duku et al., 2016; Salvacion et al., 2018).

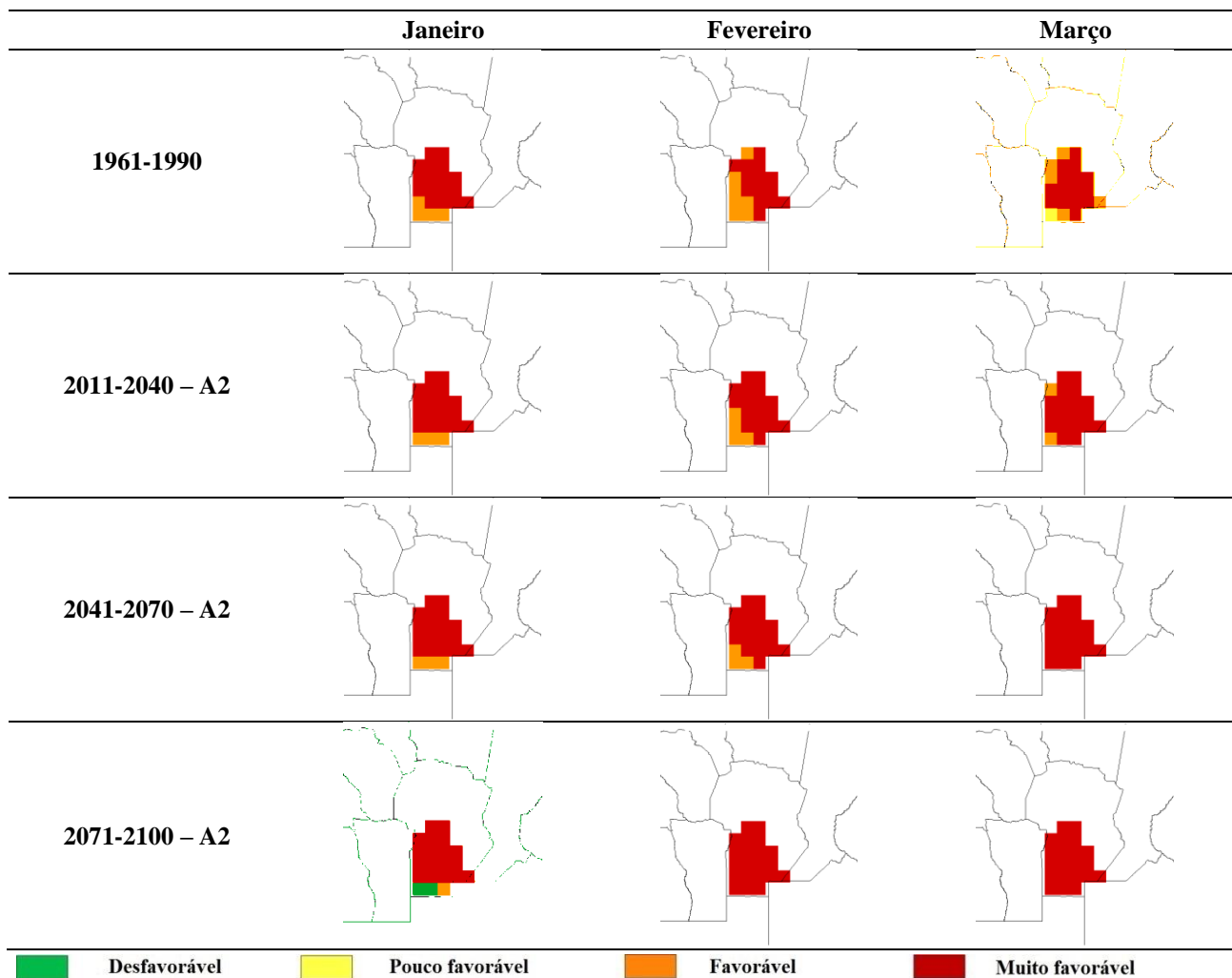


Figura 4. Favorabilidade climática para a mancha preta do amendoim (*Cercosporidium personatum*) nos principais departamentos produtores da província de Córdoba na Argentina, de janeiro a março, para o clima normal (1961-1990) e para o clima futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100) no cenário A2.

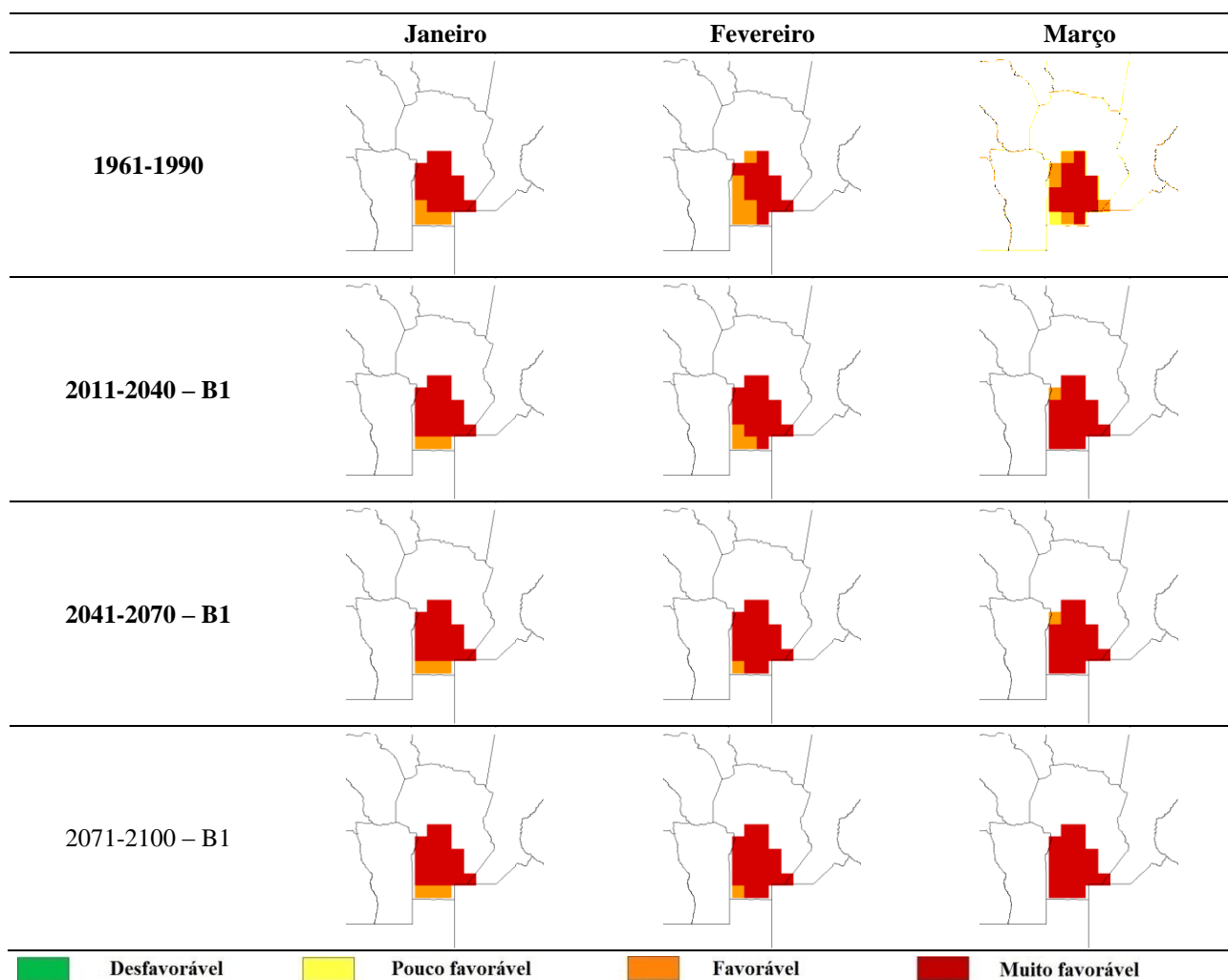


Figura 5. Favorabilidade climática para a mancha preta do amendoim (*Cercosporidium personatum*) nos principais departamentos produtores da província de Córdoba na Argentina, de janeiro a março, para o clima normal (1961-1990) e para o clima futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100) no cenário B1.

Para a ferrugem do cafeeiro, também foi verificada um aumento da severidade da doença (Alfonsi et al., 2019). Na África, a queima das folhas bacteriana, causada por *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* poderá se apresentar com um problema para o cultivo do arroz (Duku et al., 2016). Para evitar a disseminação de *Colletotrichum gloeosporioides* em diferentes províncias produtoras de cebola nas Filipinas, os pesquisadores têm elaborado mapas de risco a fim de gerenciar a infecção em área que não parensar o patógeno (Alberto ey al., 2019). Ainda nas Filipinas, a distribuição da murcha, causada por *Fusarium* poderá representar uma grande ameaça ao sistema de produção de banana (Salvacion et al., 2019). Os autores ressaltam a importância do sistema de informação geográfica como uma ferramenta para a análise da distribuição espacial das doenças de plantas, uma vez que os padrões climáticos exercem influência significativa nas epidemias. Assim, essas

informações serão úteis para os tomadores de decisão e os formuladores de políticas, para aumentar os esforços em pesquisas com melhoramento genético de cultivares resistente. Desta maneira, a adoção de medidas de adaptação por meio uso de variedades resistentes e da adoção/integração de tecnologias de manejo será de extrema importância para a produção do amendoim na Argentina e no Brasil.

A busca de variedades resistentes à ocorrência da mancha preta é um desafio para os diferentes países, sendo a medida de controle mais eficaz (Bano et al., 2015; Monteiro, 2016; Branch e Fletcher, 2017; Clevenger et al., 2018), e continuará como um tema de pesquisa imprescindível para os dois países, frente aos cenários climáticos. O desenvolvimento de cultivares de amendoim resistente às doenças apresenta-se como uma busca interminável devido às constantes mudanças dos estresses bióticos e abióticos (Chamberlin, 2019). Assim, a adoção de

outras medidas de adaptação também será necessária, uma vez que a dinâmica da evolução e da adaptação dos microrganismos causadores de doenças pode dificultar a manutenção dos genes de resistência e também devido ao tempo para a obtenção de uma variedade resistente.

Os avanços na genômica para acelerar o melhoramento de plantas cultivadas têm sido demandados. O uso da bioinformática aliada à multidisciplinaridade continuará sendo um desafio da pesquisa agrônoma e poderá contribuir para a segurança alimentar (Batley e Edwards, 2016; Wood et al, 2018). Entretanto, o uso de variedades deverá integrar as práticas de manejo doenças, juntamente com o controle cultural, controle

biológico e redução da aplicação de fungicidas, para a proteção de plantas (Angelotti e Giongo, 2019).

A implantação de consórcios com o cultivo do amendoim pode contribuir no controle de manchas foliares, alterando o microclima próximo ao dossel, além do efeito de proteção para a dispersão dos conídios (Boudreau et al., 2016). Dufalt et al. (2019) ressaltaram que no futuro próximo, o manejo integrado terá o papel de incorporar também novas informações, por meio do uso de nanotecnologias e drones. Estas ferramentas contribuirão para a adaptação dos métodos de controle das doenças de plantas no cenário das alterações do clima.

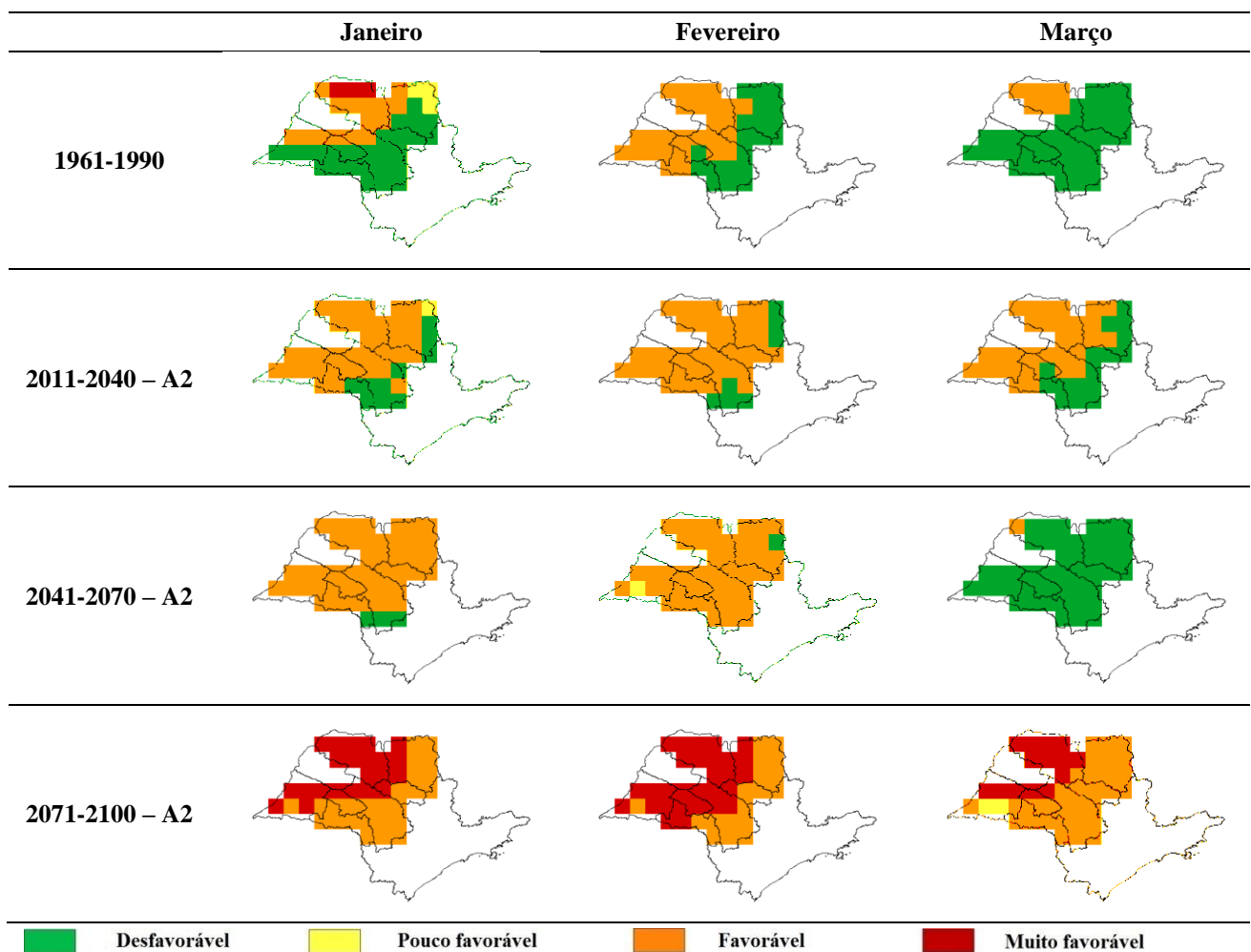


Figura 6. Favorabilidade climática para a mancha preta do amendoim (*Cercosporidium personatum*) nas principais mesorregiões produtoras do estado de São Paulo no Brasil, de janeiro a março, para o clima normal (1961-1990) e para o clima futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100) no cenário A2.

Para as principais áreas produtoras da Argentina e do Brasil, destaca-se que os ajustes no manejo da mancha preta do amendoim deverão ser analisados ao longo dos anos. Isto porque, poderão ocorrer variações à adaptação da interação amendoim/*Cercosporidium personatum* frente às mudanças climáticas. Assim, o monitoramento da doença no campo terá um papel fundamental, uma vez que, com as alterações climáticas poderão ocorrer mudanças na suscetibilidade da planta hospedeira, bem como na agressividade dos patógenos (Bebber et al, 2016; Gassmann et al., 2016; MacQueen e Bergelson, 2016). Além disso, o monitoramento poderá relacionar a variação climática e a severidade da doença ao longo do tempo, com potencial uso na elaboração de modelos de

previsão da mancha preta. Os modelos de alerta e previsão de doenças de plantas são ferramentas úteis para a tomada de decisão no manejo das culturas e podem contribuir na proteção de plantas em face das mudanças climáticas (Pathak et al., 2018).

Estudos de avaliação da distribuição geográfica e temporal das doenças de plantas frente aos cenários de mudanças climáticas são de extrema importância para a adoção de estratégias de controle evitando danos severos e até mesmo a redução de custos (Bosso et al., 2017). Entretanto, a redução no número de aplicação de fungicidas se justificará apenas para patógenos que tiverem a sua favorabilidade reduzida (Delcour et al., 2015; Cuniffe et al., 2016).

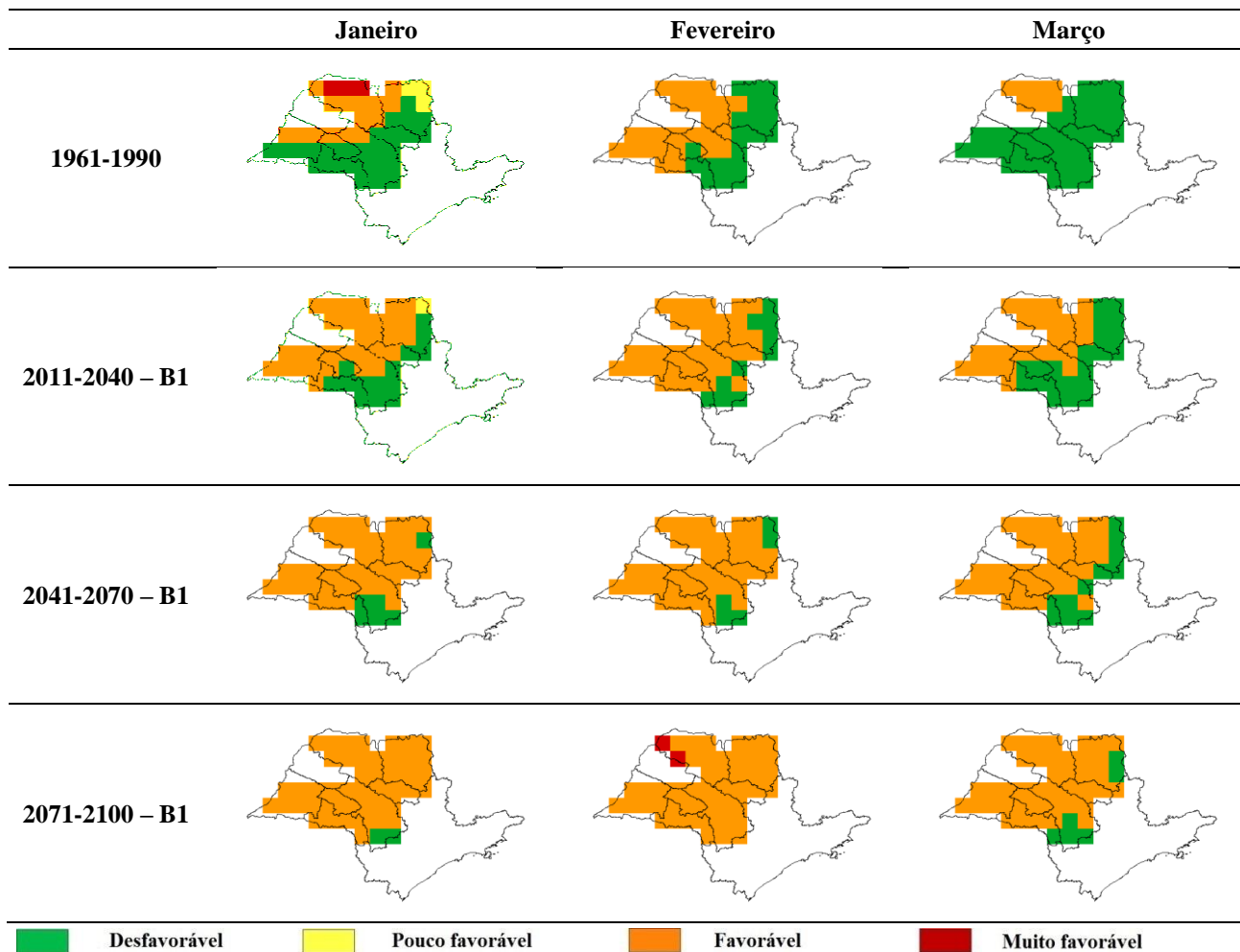


Figura 7. Favorabilidade climática para a mancha preta do amendoim (*Cercosporidium personatum*) nas principais mesorregiões produtoras do estado de São Paulo no Brasil, de janeiro a março, para o clima normal (1961-1990) e para o clima futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100) no cenário B1.

Para de *Xylella fastidiosa* os estudos preditivos, por meio de mapas de distribuição geográfica e temporal, orientaram a adoção de medidas preventivas de controle, a fim de evitar a introdução da bactéria em países que não apresentavam a ocorrência da mesma, devido ao alto risco climático (Bosso et al., 2016). A ação coordenada de vigilância internacional pode contribuir para evitar o surto de cepas resistentes e

adaptadas às alterações climáticas (Lamichhane et al., 2015).

No caso da cercosporiose estudada, a doença está presente tanto na Argentina como no Brasil. Entretanto, a experiência deste estudo reforça a internacionalização da pesquisa, abrindo novas oportunidades para a prospecção do risco de aparecimento de doenças em outros patossistemas.

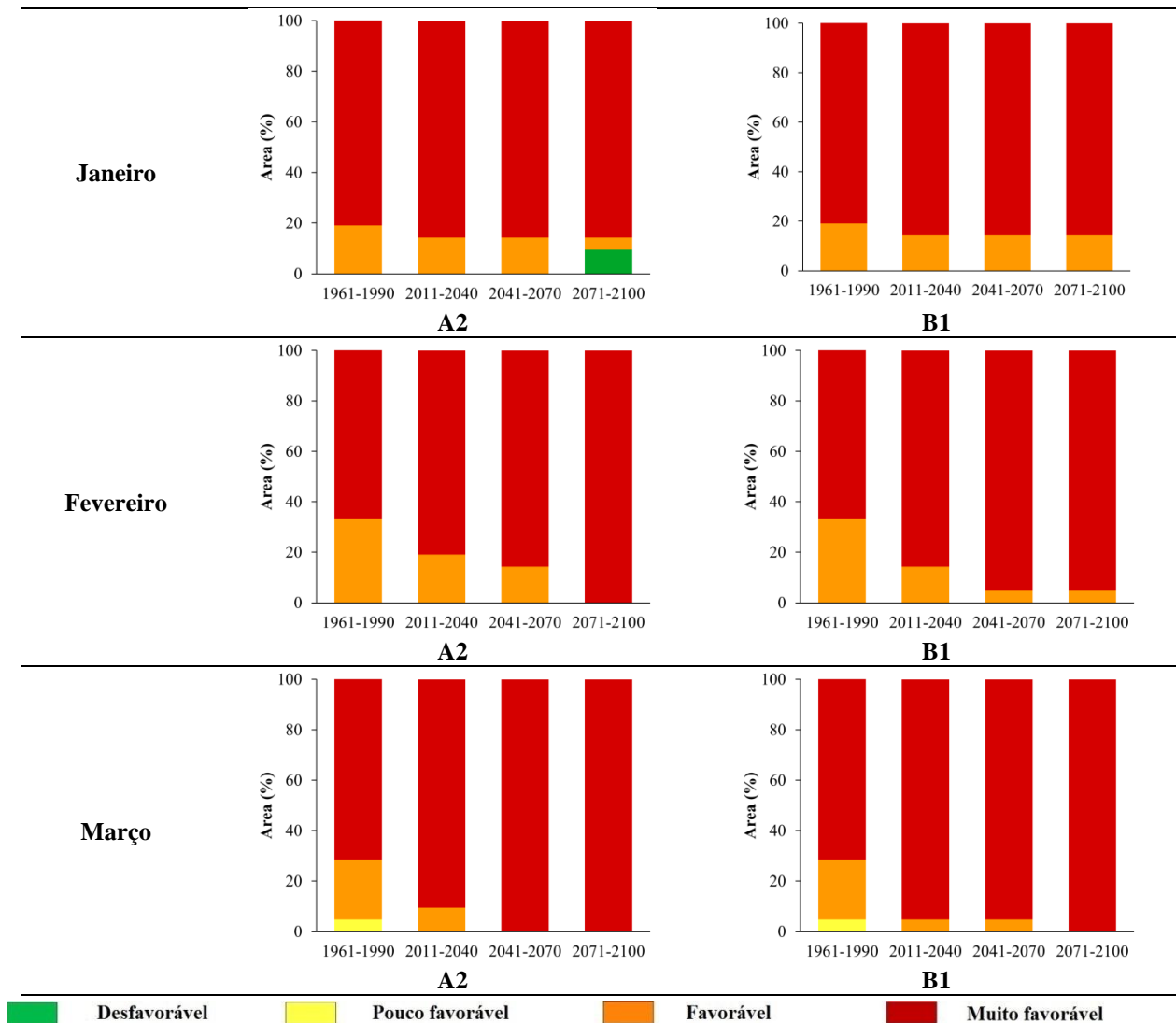


Figura 8. Percentagem de área ocupada por níveis de favorabilidade para a mancha preta do amendoim (*Cercosporidium personatum*) nos principais departamentos produtores da província de Córdoba na Argentina, de janeiro a março, nos períodos de clima normal (1961–1990) e clima futuro (2011–2040, 2041–2070 e 2071–2100) nos cenários A2 e B1.

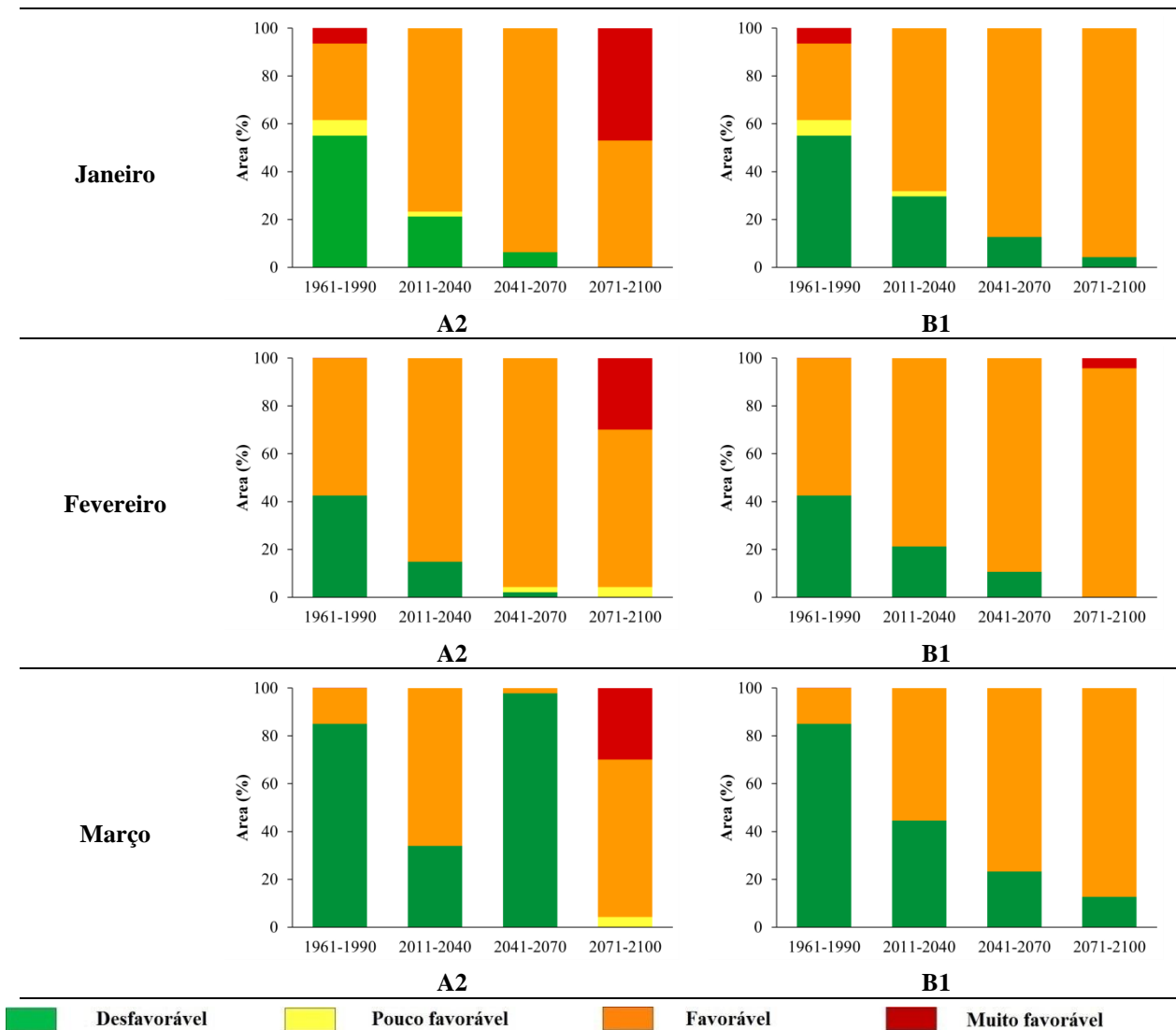


Figura 9. Percentagem de área ocupada por níveis de favorabilidade para a mancha preta do amendoim (*Cercosporidium personatum*) nas principais mesorregiões produtoras do estado de São Paulo, de janeiro a março, nos períodos de clima normal (1961–1990) e clima futuro (2011–2040, 2041–2070 e 2071–2100) nos cenários A2 e B1.

Conclusões

Os cenários climáticos futuros apontam o aumento da favorabilidade para a ocorrência da mancha preta do amendoim para as principais áreas produtoras da Argentina e do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro do projeto "Impacto del cambio climático sobre las enfermedades de los cultivos", por meio da Agência Brasileira de Cooperação (ABC) do Ministério das Relações Exteriores e do Fondo Argentino de Cooperación Internacional (FO.AR) do Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto.

Referências

- Agüero, D. 2017. Mercado internacional y nacional del maní. En: El cultivo de maní en Córdoba (Fernandez, E. y Giayetto, O. eds) Departamento de Imprenta y Publicaciones de la UNRC. 411-433.
- Alberto, R.T., Isip, M.F., Biagtan, A.R., Tagaca, R.C., 2019. Disease risk map of anthracnose-twister of onion based on previous disease locations as a future predictors. Spatial Information Research 27, 259–265.
- Alfonsi, W.M.V., Pereira, P.C., Zullo Júnior, J., Patrício, F. R.A., Gonçalves, R.R. do Valle,

- Shinji, K., Alfonsi, E.L., Koga-Vicente, A., 2019. Geographical distribution of the incubation period of coffee leaf rust in climate change scenarios. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 54, e00273.
- Angelotti, F., Giongo, V. Ações de mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas. In: Melo, R.F. de, Voltolini, T.V. (Ed.). *Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido*. Brasília, DF, Embrapa, 2019. cap. 13, p. 445-467.
- Angelotti, F., Hamada, E., Magalhães, E. E., Ghini, R., Garrido, L. Da R., Pedro Junior, M., 2017. Climate change and the occurrence of downy mildew in Brazilian grapevines. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52, 424-432.
- Bano, Q., Hassan, M., Hussien, S.B., Javed, M., Zulfikar, M.A., Younas, M., Baber, M., Zubair, M., Hussain, S.M., 2015. Estimation of genetic variability among peanut genotypes for resistance to leaf spot disease. *Genetics and Molecular Research* 15, p1-7.
- Barreto, M. 2016. Doenças do Amendoim. In: Amorim, L. et al. (Ed.). *Manual de Fitopatologia: Volume 2 – Doenças das Plantas Cultivadas*. 5ª ed. Ouro Fino: Ceres, p. 75– 81.
- Batley, J., Edwards, D., 2016. The application of genomics and bioinformatics to accelerate crop improvement in a changing climate. *Current Opinion in Plant Biology* 30, 78–81.
- BCCBA. Bolsa de Cereales de Córdoba, 2018. Datos finales de producción: maní. Disponível: <http://www.bccba.com.ar/mani-7165.html>. Acesso: 22 ago. 2019.
- Bebber, D.P., Castillo, A.D., Gurr, S.J., 2016. Modelling coffee leaf rust risk in Colombia with climate reanalysis data. *Philosophical Transactions Royal Society Lond B Biological Sciences* 371, 1-9.
- Branch, W.D., Fletcher, S.M., 2017. Combination of disease resistance, drought tolerance, and dollar value among runner and virginia-type peanut cultivars in Georgia. *Peanut Science* 44, 42-46.
- Bosso, L., Febbraro, M., Cristinzio, G., Zoina, A., Russo, D., 2016. Shedding light on the effects of climate change on the potential distribution of *Xylella fastidiosa*. *Biological Invasions* 18, 1759–1768.
- Bosso, L., Luchi, N., Maresi, G., Cristinzio, G., Smeraldo, S., Russo, D., 2017. Predicting current and future disease outbreaks of *Diplodia sapinea* shoot blight in Italy: species distribution models as a tool for forest management planning. *Forest Ecology and Management* 400, 655-664.
- Boudreau, M.A., Shew, B.B., Andrako, L.E., 2016. Impact of intercropping on epidemics of groundnut leaf spots: defining constraints and opportunities through a 7year field study. *Plant Pathology* 65, 601-611.
- CAM. Cámara Argentina del Maní. Disponível: <http://www.camaradelmani.org.ar/espanol/cluster-manisero-argentino/> Acesso: 23 ago. 2019.
- Chamberlin, K.D., 2019. Not your grandma's goobers: designing the future of peanut breeding. *Peanut Science* 46, 91-97.
- Clevenger, J., Chu, Y., Chavarro, C., Botton, S., Culbreath, A., Isleib, T.G., Ozias-Akins, P., 2018. Mapping late leaf spot resistance in peanut (*Arachis hypogaea*) using QTL-seq reveals markers for marker-assisted selection. *Frontiers in Plant Science* 9, 83.
- CLIMATE RESEARCH UNIT. Climate Research Unit. Disponível: <http://www.cru.uea.ac.uk/>. Acesso: 20 sep. 2015.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento - – Série histórica das safras. Disponível: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>. Acesso: 21 ago. 2019.
- Coutinho, W. M.; Suassuna, N. D. Manejo integrado de doenças. In: Suassuna, T. de M. F. (Ed.). *Sistema de produção de amendoim*. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014. (Embrapa Algodão. Sistema de Produção, 7). Disponível: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaProducaoId=3803&p_r_p_76293187_topicoId=3452. Acesso: 23 ago. 2019.
- Cunniffe, N.J., Cobb, R.C., Meentemeyer, R.K., Rizzo, D.M., Gilligan, C.A., 2016. Modeling when, where, and how to manage a forest epidemic, motivated by sudden oak death in California. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113, 5640-5645.
- Das, T., Majumdar, M.H., Devi, R.K.T., Rajesh, T., 2016. Climate change impacts on plant diseases. *SAARC Journal of Agriculture* 14, 200-209.
- Delcour, I., Spanoghe, P., Uyttendaele, M., 2015. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Research International* 68, 7-15.
- Duku, C., Sparks, A.H., Zwart, S.J., 2016. Spatial modelling of rice yield losses in Tanzania due to

- bacterial leaf blight and leaf blast in a changing climate. *Climatic Change* 135, 569–583.
- Dyderski, M.K., Paż, S., Frelich, L.E., Jagodziński, A.M., 2018. How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology* 24, 1150- 1163.
- FAO. 2019. FAOSTAT Crops. Disponível: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso: 22 ago. 2019.
- Ferreira, A., 2014. Aspectos sanitários da cultura do amendoim. *Revista Eletrônica de Biologia* 7, 301-320.
- Garrett, K.A., Nita, M., De Wolf, E.D., Esker, P.D., Gomez-Montano, L., Sparks, A.H., 2016. Plant pathogens as indicators of climate change. In: *Climate change: observed impacts on planet Earth*, 2nd ed. Elsevier B.V., Netherlands, pp. 325-338.
- Gassmann, W., Appel, H.M., Oliver, M.J., 2016. The interface between a biotic and biotic stress responses. *Journal of Experimental Botany* 67, 2023-2024.
- Hamada, E., Angelotti, F., Garrido, L.R., Ghini, R., 2015. Cenários futuros de epidemia do oídio da videira com as mudanças climáticas para o Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 454-470.
- Hamada, E., Ghini, R., Oliveira, B.S., 2017. Projeções de variáveis climáticas de interesse agrícola para o Brasil ao longo do século 21. In: Bettiol, W., Hamada, E., Angelotti, F., Auad, A. M., Ghini, R. (Ed.). *Aquecimento global e problemas fitossanitários*. Brasília, DF: Embrapa. p. 17-52.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível<<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>>. Acesso: 23 ago.2019.?
- IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Disponível<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2f.-Chapter-5_FINAL.pdf>. Acesso: 22 ago. 2019.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Data Distribution Centre. Disponível <<http://www.ipcc-data.org/>>. Acesso: 20 set. 2015.
- Jordan, D.L., Brandenburg, R.L., Brown, A.B., Bullen, S.G., Roberson, G.T., Shew, B.B., 2014. Peanut Information. Publication AG 331. Raleigh, USA: North Carolina Agricultural Extension Service.
- Juroszek, P., Tiedemann, A.V., 2015. Linking plant disease models to climate change scenarios to project future risks of crop diseases a review. *Journal Plant Disease Protection* 122, 3-15.
- Lamichhane, J.R., Barzman, M., Booij, K., Boonekamp, P., Desneux, D., Huber, L., Kudsk, P., Langrell, S.R.H., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J-L., Messéan, A., 2015. Robust cropping systems to tackle pests under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 443–459.
- MacQueen, A., Bergelson, J., 2016. Modulation of R-gene expression across environments. *Journal of Experimental Botany* 67, 2093–2105.
- March, G.J., Marinelli, A., Beviacqua, J.E., Alcalde, M., 1993. Efecto de las temperaturas, humedad relativa y precipitaciones sobre el desarrollo de la viruela, causada por *Cercospora arachidicola* Hori y *Cercosporidium personatum* (Berk. & Curt.) (Deighton) en maní (*Arachis hypogea* L.) Bol. San. Veg. Plagas 19, 227-235.
- Marinelli, A., March, G.J., Oddino, C. 2017. Capítulo 14. Enfermedades fúngicas del maní. In: *El cultivo de maní en Córdoba; compilado* (Elena M. Fernandez, Oscar Giayetto. Comp.) Segunda Edición ampliada. Universidad Nacional de Rio Cuarto – Las Higueras, Córdoba (Argentina). Libro digital, PDF. 464 páginas.
- Moraes, S.A., Godoy, I.J., 1997. Amendoim: controle de doenças. In: Zambolim L, Vale FXR (Eds.) *Controle de doenças de plantas: grandes culturas*. Viçosa: Suprema, 553 p.
- Moragrega, C., Puig, M., Ruz, L., Montesinos, E., Lorente, I., 2018. Epidemiological features and trends of brown spot of pear disease based on the diversity of pathogen populations and climate change effects. *Phytopathology* 108, 223-233.
- March, G.J., Marinelli, A., Beviacqua, J.E., Alcalde, M., 1993. Efecto de las temperaturas, humedad relativa y precipitaciones sobre el desarrollo de la viruela, causada por *Cercospora arachidicola* Hori y *Cercosporidium personatum* (Berk. & Curt.) (Deighton) en maní (*Arachis hypogea* L.) Bol. San. Veg. Plagas 19, 227-235.
- Nazir, N., Bilal, S., Bhat, K.A., Shah, T.A., Badri, Z.A., Bhat, F.A., Wani, T.A., Mugal, M.N., Parveen, S., Dorjey, S., 2018. Effect of climate change on plant diseases. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7, 250-256.

- Oddino, C., Giordano, F., Paredes, J., Cazón, L.I., Giuggial, J., Rago, A., 2018. Efecto de nuevos fungicidas en el control de viruela del maní y el rendimiento del cultivo. *Revista Científica FAV-UNRC Ab Intus* 1 (1): 9-17
- Pal, K., Kev, R., Tilak, K.V.B.R., 2014. Fungal diseases of Groundnut: Control and Future Challenges. *Fungal Biology*, 1-19.
- Pathak, R., Singh, S.K., Tak, A., Gehlot, P., 2018. Impact of climate change on host, pathogen and plant disease adaptation regime: a review. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 15, 529-540.
- Pedro Júnior, M.J., Moraes, S.A., Godoy, I.J., 1994. Agrometeorological forecasting method for *Cercospora leafspot* in peanuts. *Fitopatologia Brasileira* 19, 69-73.
- Peripolli, M., Martinelli, J. N., Delatorre, C.A., 2018. Avaliação da agressividade e da diversidade genética de *Sclerotinia sclerotiorum* em tabaco no sul do Brasil. *Summa Phytopathologica* 44, 170-177.
- Salvacion, A.R., Cumagun, C.J.R., Pangga, I.B., Magcale-Macandog, A.B., Cruz, P.C.S., Saludes, R.B., Solpot, T.C., Aguilar, A.E. 2019. Banana suitability and *Fusarium* wilt distribution in the Philippines under climate change. *Spat. Inf. Res.* 27, 339–349.
- Santos, R.C., Freire, R.M.M., Lima, L.M., 2013. O agronegócio do amendoim no Brasil. 2. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa.
- Stewart, J., Ross-Davis, A., Graça, R., Alfenas, A., Peever, T., Hanna, J., Uchida, J., Hauff, R., Kadooka, C., Kim, M.S., Cannon, P.G., Namba, S., Simeto, S., Pérez, C.A., Rayamajhi, M.B., Lodge, D.J., Arguedas, M., Medel-Ortiz, R., López-Ramirez, M.A., Tennant, P., Glen, M., Machado, P.S., McTaggart, A.R., Carnegie, A.J., Klopfenstein, N.B., 2017. Genetic diversity of the myrtle rust pathogen (*Austropuccinia psidii*) in the Americas and Hawaii: global implications for invasive threat assessments. *Forest Pathology* 48, 1-13.
- Wang, R., Li, Q., He, S., Liu, Y., Wang, M., 2018. Modeling and mapping the current and future distribution of *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae under climate change in China. *PLOS ONE* 13, 1-21.
- Wood, J.R., Díaz, F.P., Latorre, C., Wilmshurst, J.M., Burge, O.R., Gutiérrez, R.A., 2018 Plant pathogen responses to Late Pleistocene and Holocene climate change in the central Atacama Desert, Chile. *Scientific Reports* 8, 1 -8.